เสถียรภาพและความสูงวิกฤตบริเวณ พื้นที่ปรับปรุงท่าเรือสงขลา

นายสุรศักดิ์ พิมพะสิงห์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2532
ISBN 974-576-952-5
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

016404
i 10301677

STABILITY AND CRITICAL HEIGHT AT THE RECLAMATION AREA OF SONGKHLA PORT

MR. SURASAK PIMPASINGH

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Civil Engineering
Chulalongkorn University
1989

ISBN 974-576-952-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เสถียรภาพและความสูงวิกฤตบริเวณ พื้นที่ปรับปรุงท่าเรือสงขลา
โดย	นายสุรศักดิ์ พิมพะสิงห์
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพล จิวาลักษณ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้พิมพ์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

กรรมการการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วิเชียร เต็งอำนวย)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพล จิวาลักษณ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ประจิต จิรัปปภา)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

สุรศักดิ์ พิมพะสิงห์ : เสถียรภาพและความสูงวิกฤตบริเวณพื้นที่ปรับปรุงท่าเรือสงขลา (STABILITY AND CRITICAL HEIGHT AT THE RECLAMATION AREA OF SONGKHLA PORT) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. สุรพล จิวาลักษณ์, 198 หน้า. ISBN 974-576-952-5

การศึกษาพฤติกรรมของเสถียรภาพและการทรุดตัวของบริเวณพื้นที่ก่อสร้างโดยการถมพื้นที่ชายฝั่งทะเลด้วยวิธีไฮโดรลิกฟิวบนพื้นชั้นดินที่รองรับซึ่งมีดินเหนียวอ่อนสลับกับทราย วิธีการตรวจสอบพฤติกรรม ทำโดยติดตั้งเครื่องมือทางธรณีเทคนิคประกอบด้วย แผ่นวัดการทรุดตัวพิโซมิเตอร์ อินคลีโนมิเตอร์ และเอกเทนโซมิเตอร์ ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพ โดยวิธี Translational Failure Analysis ให้ตัวประกอบปลอดภัยที่ต่ำกว่า อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากอินคลีโนมิเตอร์แสดงให้เห็นว่าการเคลื่อนตัวของเขื่อนเป็นแบบหมุน การศึกษาพฤติกรรมของพื้นที่ปรับปรุงโดยเปรียบเทียบผลจากข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือทางธรณีเทคนิคกับการคำนวณทางทฤษฎีการยุบอัดตัวคายน้ำแบบหนึ่งมิติ ค่าของการทรุดตัวที่วิเคราะห์ได้มีค่าน้อยกว่าจากข้อมูลในสนามประมาณ 25% การวัดการเคลื่อนตัวด้านข้างโดยอินคลีโนมิเตอร์จะพบว่าชั้นดินเหนียวชั้นที่สองและสามมีการเคลื่อนตัวด้านข้างไปทางเดียวกันตลอดเวลา อัตราการเคลื่อนตัวด้านข้างที่กึ่งกลางของดินทั้งสองชั้นมีค่าลดลงกับเวลาซึ่งแสดงว่าการเคลื่อนตัวด้านข้างของดินทั้งสองชั้นยังอยู่ในพิกัดของน้ำหนักกระทำจากการถม ค่าน้ำหนักกดทับสูงสุดจากการวิเคราะห์ โดยวิธี Slip Circle ได้ค่าน้ำหนักบรรทุก 20 ตัน/m^2 ซึ่งเทียบเท่ากับความสูงวิกฤตของทรายถม +14.11 ม. จากระดับน้ำทะเลปานกลาง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
สาขาวิชา ปฐพีวิศวกรรม
ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนิสิต .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

SURASAK PIMPASINGH : STABILITY AND CRITICAL HEIGHT ANALYSIS AT THE RECLAMATION AREA OF SONGKHLA PORT. THESIS ADVISOR : ASSSI. PROF. SURAPHOL CHIVALAK, Ph.D. 198 pp. ISBN 974-576-952-5

This research is to study the behavior of the stability and settlement of the reclaimed land. The hydraulics fill method is used to construct on the stratum of soft to very soft clay, medium sand, medium clay and trace of sand seams respectively. To observed the behavior of the reclaimed land, the geotechnical instruments were installed; settlement plate, piezometer inclinometer and extensometer. The stability analysis is worked out by using slip circle method and translational failure method. The result from calculation showed that the failure of slope stability conformed to the translational failure method. However result from the inclinometer showed that the lateral movement conformed to the slip circle method. The value of the result from settlement plate is higher than the theoretical calculation about 25% . The inclinometer indicated that clay the second and the third layer. continue movement outward the reclamation during the period of observing. The rate of lateral movement at the middle of clay the second and the third layer is decrease with time which show that the lateral movement is in the limit of loading. The maximum surcharge calculated from slip circle method is 20 T/m^2 which is equivalent to the critical height of +14.11 m from MSL.

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ..... ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ปฐพีวิศวกรรม .....

ปีการศึกษา 2532 ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพล จิวาลักษณ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้แนวทางในการศึกษา ให้คำปรึกษาแนะนำตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้ให้มีคุณค่าและสำเร็จลงด้วยดี นอกจากนี้ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ วิเชียร เต็งอำนวย รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศหิรัญวงศ์ รองศาสตราจารย์ ประจิต จิรัปปภา ที่ได้กรุณาร่วมเป็นคณะกรรมการตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จเรียบร้อยโดยสมบูรณ์

ในการเก็บข้อมูลต่างๆ ทั้งทางด้านคุณสมบัติของดินบริเวณท่าเรือน้ำลึกสงขลา และผลการทดสอบที่บันทึกได้จากการทดสอบภาคสนาม ได้รับความอนุเคราะห์จากเจ้าหน้าที่บริษัท สินธุ พูนศิริวงศ์และสหาย, Sir William Halcrow and Partners, (UK), และ Maunsell Consultants Ltd. (UK) และได้รับความอนุเคราะห์จากกรมเจ้าท่า กระทรวงคมนาคม ที่ได้อนุญาตให้เข้าไปทำการศึกษาได้ ผู้เขียนขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย และนอกจากนี้ผู้เขียนขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องวิจัยปฐพีกลศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่ง

ท้ายสุดนี้ ผู้เขียนระลึกถึงพระคุณของบิดา มารดา ครู อาจารย์ ท่านเหล่านี้เป็นผู้มีอุปการะคุณ ให้ความสนับสนุน และให้กำลังใจผู้เขียนมาตลอด และนอกจากนี้ขอระลึกถึงพี่ๆ เพื่อนๆ ที่ให้กำลังใจ สนับสนุน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปุ๊ และลูกๆ ที่ช่วยให้ผู้เขียนประสบผลสำเร็จการศึกษาถึงระดับนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
รายการตารางประกอบ.....ญ
รายการรูปประกอบ.....ฏ
สัญญลักษณ์.....ต
บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความเป็นมาของท่าเรือน้ำลึกสงขลา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....4
1.4 ประโยชน์ของการวิจัย.....6
บทที่ 2 ทฤษฎีและผลงานในอดีต
2.1 แนวความคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการทรุดตัวของชั้นดินเหนียว.....7
2.2 วิธีการคาดคะเนปริมาณการทรุดตัว.....8
2.2.1 วิธีของ Terzahgi & Peck (1948).....10
2.2.2 วิธีของ Ladd (1975).....10
2.3 การปรับแก้พารามิเตอร์ด้วยวิธีของ Schmertmann.....12
2.4 การคาดคะเนอัตราการทรุดตัวเนื่องจากการยุบอัดตัวคายน้ำ.....18
2.4.1 วิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวคายน้ำ.....19

2.4.2 การยุบอัดตัวคายน้ำภายใต้น้ำหนักบรรทุกที่แปรเปลี่ยนตามเวลา.....21
2.5 วิธีการวิเคราะห์เสถียรภาพของพื้นที่ปรับปรุง.....30
2.5.1 Slip Circle Method.....30
2.5.1.1 วิธีการของ Fellenius.....31
2.5.1.2 วิธีการ Simplified Bishop Method of Slice.....32
2.5.2 Translational Failure Analysis.....34
2.6 พารามิเตอร์ด้านกำลังรับแรงเฉือนของดิน.....38
2.6.1 ดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่น.....38
2.6.2 ดินเหนียว.....39
บทที่ 3 การทดลองและการวิจัย.....42
3.1 การรวบรวมข้อมูลการเจาะสำรวจและวิเคราะห์ดิน.....42
3.2 การติดตั้งเครื่องมือทางธรณีเทคนิค.....42
3.3 การเจาะเก็บตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบด้านกำลังรับแรงเฉือน.....46
3.4 การเก็บข้อมูลในสนาม.....49
3.4.1 ข้อมูลการทรุดตัวโดยแบ่งวัดการทรุดตัว.....49
3.4.2 ข้อมูลความดันน้ำในโพรง.....49
3.4.3 ข้อมูลการเคลื่อนตัวด้านข้างและการทรุดตัวแต่ละชั้นดิน.....49
3.5 การทดลองในห้องปฏิบัติการ.....49
3.5.1 การหาคุณสมบัติพื้นฐานของดินเหนียว.....50
3.5.2 การทดลอง $\overline{CIUC}$.....50
3.6 การวิเคราะห์เสถียรภาพและการหาความสูงวิกฤต.....54
3.6.1 การวิเคราะห์โดยใช้วิธี Slip Circle.....54
3.6.2 การวิเคราะห์โดยใช้วิธี Translational Failure Analysis.....54

บทที่ 4 ผลการทดสอบการวิเคราะห์และวิจารณ์.....56
4.1 ผลการเจาะสำรวจชั้นดินและคุณสมบัติต่างๆ ของดิน.....56
4.2 คุณสมบัติด้านกำลังรับแรงเฉือนในห้องปฏิบัติการ.....60
4.3 สรุปคุณสมบัติของดินบริเวณท่าเรือน้ำลึกสงขลา.....60
4.3.1 คุณสมบัติทางกายภาพ.....60
4.3.2 คุณสมบัติด้านกำลังรับแรงเฉือน.....77
4.3.3 คุณสมบัติทางเคมี.....77
4.4 การวิเคราะห์หาเสถียรภาพของพื้นที่ปรับปรุง.....80
4.5 การศึกษาพฤติกรรมของพื้นที่ปรับปรุงท่าเรือสงขลา.....86
4.6 การวิเคราะห์หาความสูงวิกฤต.....106
4.7 บทวิจารณ์.....106
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....109
5.1 บทสรุป.....109
5.2 ข้อเสนอแนะ.....110
เอกสารอ้างอิง.....112
ภาคผนวก ก โปรแกรมคอมพิวเตอร์ REAME.....115
ภาคผนวก ข. ผลการสังเกตการเคลื่อนตัวด้านข้างโดย อินคลีโนมิเตอร์.....131
ภาคผนวก ค. เครื่องมือทางธรณีเทคนิค.....158
ภาคผนวก ง. การปรับแก้โค้งการยุบอัดตัวคายน้ำโดยวิธีของ Schmertmann.....191
ประวัติผู้เขียน 198

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบที่สำคัญในการวิเคราะห์การทรุดตัว.....	9
4.1	ตารางแสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆของชั้นดิน หลุมเจาะ BH-1A.....	61
4.2	ตารางแสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆของชั้นดิน หลุมเจาะ BH-2A.....	62
4.3	ตารางแสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆของชั้นดิน หลุมเจาะ BH-2A(ต่อ).....	63
4.4	ตารางแสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆของชั้นดิน หลุมเจาะ BH-4A.....	64
4.5	ตารางแสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆของชั้นดิน หลุมเจาะ BH-4A(ต่อ).....	65
4.6	ตารางแสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆของชั้นดิน หลุมเจาะ BH-5A.....	66
4.7	ตารางแสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆของชั้นดิน หลุมเจาะ BH-6A.....	67
4.8	ตารางแสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆของชั้นดิน	

หลุมเจาะ BH-6A(ต่อ)..... 68

4.9 ตารางแสดงคุณสมบัติด้านกำลังรับแรงเฉือนของดิน
แต่ละชั้น..... 69

4.10 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ตัวประกอบปลอดภัยของ
หน้าตัดพื้นที่ปรับปรุง..... 83

4.11 ตารางแสดงการคำนวณปริมาณการทรุดตัว
ณ ตำแหน่ง SP 10..... 105

4.12 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การทรุดตัวของแต่ละชั้น
ดิน ณ ตำแหน่ง SP 10..... 108

4.13 ตารางแสดงปริมาณและอัตราการเคลื่อนตัวด้านข้างของ
ดินเหนียวที่ Inclinometer I1.....

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
1.1	แผนที่แสดงที่สร้างท่าเรือสงขลา.....	2
1.2	ภาพแสดงชั้นดินบริเวณท่าเรือน้ำลึกสงขลา.....	5
2.1	หลักการคำนวณการทรุดตัวเนื่องจากการยุบอัดตัวคายน้ำ.....	11
2.2	การเปรียบเทียบเส้นโค้งการยุบอัดตัวคายน้ำในสนาม และในห้องปฏิบัติการ.....	13
2.3	การเปรียบเทียบเส้นโค้งการยุบอัดตัวคายน้ำในสนาม และในห้องปฏิบัติการ.....	14
2.4	ภาพแสดงการสร้างเส้นโค้งการยุบอัดตัวคายน้ำใหม่.....	16
2.5	วิธีการหาค่า C_v ของ Taylor.....	20
2.6	วิธีการหาค่า C_v ของ Casagrande.....	20
2.7	กราฟแสดงการยุบอัดตัวคายน้ำโดยน้ำหนักบรรทุกเพิ่ม เป็นเชิงเส้น.....	27
2.8	กราฟแสดงการยบอัดตัวคายน้ำโดยน้ำหนักบรรทกเพิ่ม เป็นเชิงเส้นระหว่างการก่อสร้าง.....	28
2.9	กราฟแสดงการยุบอัดตัวคายน้ำโดยน้ำหนักบรรทุกเพิ่ม เป็นเชิงเส้นภายหลังการก่อสร้าง.....	29

รายการรูปประกอบ(ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.10	ภาพแสดงแรงกระทำต่อชิ้นส่วนตามตั้งของดิน.....	30
2.11	แสดงแรงที่กระทำกับชิ้นส่วนของดินที่แบ่งตามตั้งโดย วิธีของ Fellenius.....	31
2.12	แสดงแรงที่กระทำกับชิ้นส่วนของดินที่แบ่งตามตั้งโดย วิธีของ Simplified Bishop.....	33
2.13	การวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธี Translational Failure Analysis.....	36
2.14	เส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของ SPT 'N'กับมุม เสียดทานภายใน.....	38
2.15	เส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมเสียดทาน ภายในกับ Cone Resistance.....	39
3.1	ภาพแสดงการติดตั้งแผ่นวัดการทรุดตัว.....	43
3.2	ภาพแสดงการติดตั้งเครื่องมือ ณ จุดติดตั้งทิศตะวันออก.....	44
3.3	ภาพแสดงการติดตั้งเครื่องมือ ณ จุดติดตั้งทิศตะวันตก.....	45
3.4	ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างแบบ Fixed Piston.....	47

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
3.5	ภาพแสดงตำแหน่งการเก็บตัวอย่างดิน.....	48
3.6	ภาพแสดง Triaxial Cell แบบมาตรฐาน.....	51
4.1 ก.	ภาพตัดขวางแสดงชั้นดินบริเวณท่าเรือน้ำลึกสงขลา.....	57
4.1 ข.	ภาพตัดขวางแสดงชั้นดินบริเวณท่าเรือน้ำลึกสงขลา.....	58
4.1 ค.	ภาพตัดขวางแสดงชั้นดินบริเวณท่าเรือน้ำลึกสงขลา.....	59
4.2	ภาพแสดงตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจเพิ่มเติมในปี 1986.....	70
4.3	ภาพตัดขวางของพื้นที่ปรับปรุงท่าเรือสงขลา.....	71
4.4	ภาพแสดงคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นดินบริเวณท่าเรือน้ำลึกสงขลา.....	72
4.5 ก.	ภาพแสดงผลการทดสอบ $\overline{CIUC}$ ของดินที่ความลึก 25-28.80 เมตร.....	73
4.5 ข.	ภาพแสดงผลการทดสอบ $\overline{CIUC}$ (q และ $\bar{p}$)ของดินที่ลึก 25-25.80 เมตร.....	74
4.5 ค.	ภาพแสดงผลการทดสอบ $\overline{CIUC}$ ของดินที่ความลึก 27.5-28.3 เมตร.....	75

รายการรูปประกอบ

รูปที่ หน้า

4.5 ง. ภาพแสดงผลการทดสอบ $\overline{CIUC}$ (q และ $\bar{p}$) ของดิน
ที่ลึก 27.5-28.3 เมตร..... 76

4.6 ภาพแสดงอัตราส่วนการอัดตัวคายน้ำ(OCR)ของชั้นดิน
เหนียวแต่ละชั้น..... 78

4.7 สัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวคายน้ำของชั้นดินเหนียว..... 79

4.8 ภาพแสดงแนวการสร้างขอบ(BUND)ของพื้นที่ปรับปรุง
ท่าเรือสงขลา..... 81

4.9 ภาพแสดงขั้นตอนการทำงานพื้นที่ปรับปรุงท่าเรือสงขลา..... 82

4.10 ภาพแสดงตัวประกอบปลอดภัยของหน้าตัดพื้นที่ปรับปรุง
โดยวิธี Slip Circle..... 84

4.11 ภาพแสดงตัวประกอบปลอดภัยของหน้าตัดพื้นที่ปรับปรุง
โดยวิธี Translational Failure Analysis..... 85

4.12 ภาพแสดงผลการตรวจการทรุดตัวของแผ่นวัดการทรุด
ตัว SP1-3..... 87

4.13 ภาพแสดงผลการตรวจการทรุดตัวของแผ่นวัดการทรุด
ตัว SP4-7..... 88

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
4.14	ภาพแสดงผลการตรวจการทรุดตัวของแผ่นวัดการทรุดตัว SP8-11.....	89
4.15	ภาพแสดงผลการตรวจการทรุดตัวของแผ่นวัดการทรุดตัว SP12-15.....	90
4.16	ภาพแสดงผลการตรวจการทรุดตัวของแผ่นวัดการทรุดตัว SP16,17,19,20.....	91
4.17	ภาพแสดงผลการตรวจการทรุดตัวของแผ่นวัดการทรุดตัว SP21-24.....	92
4.18	ภาพแสดงผลการตรวจการทรุดตัวของแผ่นวัดการทรุดตัว SP25-28.....	93
4.19	ภาพแสดงผลการตรวจการทรุดตัวของแผ่นวัดการทรุดตัว SP29-32.....	94
4.20	ภาพแสดงผลการสังเกตความดันน้ำในโพรงเพิ่ม (P 1/1-3).....	95

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
4.21	ภาพแสดงผลการสังเกตความดันน้ำในโพรงเพิ่ม (P 2/1,2/4)	96
4.22	ภาพแสดงผลการสังเกตความดันน้ำในโพรงเพิ่ม (P 2/2,2/3,2/5)	97
4.23	ภาพแสดงผลการสังเกตความดันน้ำในโพรงเพิ่ม (P 3/1-3)	98
4.24	ภาพแสดงผลการสังเกตความดันน้ำในโพรงเพิ่ม (P 4/1-2)	99
4.25	ภาพแสดงผลการสังเกตความดันน้ำในโพรงเพิ่ม (P 5/1,5/2,5/4)	100
4.26	ภาพแสดงผลการสังเกตความดันน้ำในโพรงเพิ่ม (P 6/1-3)	101
4.27	ภาพแสดงการทรุดตัวที่สังเกตได้ที่ SP 10 และผลการวิเคราะห์	102
4.28	ภาพแสดงผลการตรวจสอบการทรุดตัวโดย Extensometer E 1	103

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
4.29	ภาพแสดงการติดตั้ง Inclinometer I 1.....	104
4.30	ภาพแสดงรูปแบบของการวิบัติและลักษณะของการเคลื่อนตัวด้านข้าง.....	110
4.31	ภาพแสดงอัตราการเคลื่อนตัวด้านข้างของดินที่ Inclinometer I1.....	111

ภาคผนวก

1 ก	ภาพแสดงการติดตั้งพิโซมิเตอร์และการเดินสายณ จุดติดตั้งทิศตะวันออก.....	161
1 ข	ภาพแสดงการติดตั้งพิโซมิเตอร์และการเดินสายณ จุดติดตั้งทิศตะวันตก.....	162
2	ภาพแสดงแผ่นวัดการทรุดตัว.....	164
3	ภาพแสดงตำแหน่งการติดตั้งแผ่นวัดการทรุดตัว.....	165
4	ภาพแสดงเครื่องมือวัดการบ่ายเบนตามแนวดิ่ง.....	168
5	ภาพแสดงเครื่องอ่านของอินคลีโนมิเตอร์.....	168

6 ภาพแสดงตัวอย่างการเคลื่อนตัวของชั้นดินที่ได้จาก
อินคลีโนมิเตอร์..... 169
7 ภาพแสดงลักษณะของเอกส์เทนโซมิเตอร์..... 169
8 ภาพแสดงการติดตั้งเอกส์เทนโซมิเตอร์..... 171

สัญญลักษณ์

a_v	=	สัมประสิทธิ์การอัดตัว (Coefficient of Compresibility)
A	=	พารามิเตอร์สำหรับความดันน้ำในโพรง
C_c	=	Compression Index
C_r	=	Recompression Index
CR	=	Compression Ratio
RR	=	Recompression Ratio
C_v	=	สัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวคายน้ำในแนวดิ่ง
$\overline{CIUC}$	=	การทดสอบหากำลังรับแรงเฉือนของดินที่ถูกอัดตัวคายน้ำแบบไอโซทรอบปิคมาก่อนด้วยเครื่อง Triaxial ในสภาวะไม่ระบายน้ำและมีการวัดความดันน้ำในโพรงเพิ่ม (Isotropically Consolidated Undrained Triaxial Compression Test with Pore-Pressure Measurement)
e	=	อัตราส่วนช่องว่างในมวลดิน (Void Ratio)
e_o	=	อัตราส่วนช่องว่างในมวลดินเริ่มแรก (Initial Void Ratio)
e_1	=	อัตราส่วนช่องว่างในมวลดินที่เปลี่ยนไปของแต่ละชั้น
FS	=	Factor of Safety
H	=	ความหนาของชั้นดินที่พิจารณา
H_1	=	ความหนาของชั้นดินแต่ละชั้น
M_v	=	สัมประสิทธิ์การอัดตัวแบบปริมาตร (Coefficient of Volume Compressibility)
OCR	=	Over Consolidation Ratio
P	=	$\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$
$\bar{P}$	=	$\frac{\bar{\sigma}_1 + \bar{\sigma}_3}{2}$

q	=	$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$
S	=	พื้นที่ผิว
ds	=	พื้นที่ผิวเล็กๆ
t	=	เวลาที่ใช้ในขบวนการยุบอัดตัวในแต่ละช่อง
T	=	ตัวประกอบเวลาเป็นตัวประกอบอิสระไม่มีหน่วย
U	=	ความดันน้ำในโพรง (Pore Pressue)
U_o	=	ความดันน้ำในโพรงเริ่มต้น (Initial Pore Pressure)
ΔU	=	ความดันน้ำในโพรงเพิ่ม (Excess Pore Pressure)
W_i	=	น้ำหนักของชิ้นส่วนใดๆ
x	=	มิติในแกน x
y	=	มิติในแกน y
z	=	มิติในแกน z
r	=	หน่วยน้ำหนัก (Unit Weight)
ε	=	ความเครียด (Strain)
ρ	=	การทรุดตัว (Settlement)
ρ_T	=	การทรุดตัวที่เป็นฟังค์ชั่นกับเวลา (Time dependent Settlement)
ρ_c	=	การทรุดตัวเนื่องจากขบวนการยุบอัดตัวคายน้ำ
ρ_c	=	การทรุดตัวเนื่องจากขบวนการยุบอัดตัวคายน้ำในแต่ละชั้นดิน
σ	=	ความเค้น
σ_1	=	ความเค้นหลักอันดับหนึ่ง (Major Principal Stress)
σ_3	=	ความเค้นหลักอันดับสอง (Minor Principal Stress)
$\bar{\sigma}_{vm}$	=	ความเค้นประสิทธิผลสูงสุดในอดีตตามแนวดิ่ง (Maximum Past Pressure)
$\bar{\sigma}_{vf}$	=	ความเค้นประสิทธิผลสิ้นสุด (Final Effective Pressure)
v_i	=	เวคเตอร์ของความเร็วในการไหล
∇	=	เกรเดียน
Ⓗ	=	Mean Stress
π	=	3.14159